

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit kolera adalah penyakit diare akut, yang disebabkan oleh air minum yang terkontaminasi oleh sanitasi yang buruk atau makanan yang terkontaminasi oleh bakteri *Vibrio cholera*. Gejala penyakit kolera meliputi diare berair, muntah, dan kram kaki. Penyakit kolera dapat menular melalui kontak antara populasi individu rentan dengan populasi bakteri yang ada di lingkungan. Penularan penyakit kolera terjadi karena masuknya makanan atau minuman ke dalam tubuh manusia yang terkontaminasi oleh bakteri *Vibrio cholera* (Lemos dkk., 2017). Selain itu penyakit kolera dapat juga menular antara populasi individu rentan dengan individu terinfeksi. Penularan penyakit kolera terjadi melalui feses orang yang terinfeksi penyakit kolera melalui udara (Quan Sun dkk., 2017). Penyakit kolera telah menyebar secara global pada tahun 1883. Wabah penyakit kolera pernah terjadi di Indonesia pada tahun 1992. Berdasarkan penelitian, Mukandavire dkk. (2011), pada tahun 2008-2009 tercatat sebanyak 98.585 orang terinfeksi penyakit kolera dan 4.287 orang mengalami kematian. Data WHO (Organisasi kesehatan dunia) menyatakan bahwa diperkirakan sekitar 3-5 juta orang terinfeksi kolera setiap tahunnya dan tercatat sekitar 100-120 ribu orang terinfeksi penyakit kolera berakhir dengan kematian setiap tahunnya (WHO, 2011). Selain itu, antara tahun 2007-2011 penyakit kolera juga telah menyebar ke beberapa negara, yaitu Angola, Haiti, dan Zimbabwe. Di Haiti, pada tanggal 14 Oktober 2010 sebanyak 179.379 manusia dilaporkan terinfeksi penyakit kolera (Lemos dkk., 2017). Fenomena tersebut memperlihatkan bahwa penyakit kolera menjadi ancaman

global bagi dunia, terutama dalam bidang kesehatan, dinamika sosial, dan ekonomi.

Berdasarkan sejarah penyebaran penyakit kolera, maka perlu adanya kajian mengenai penyebaran penyakit kolera. Dalam matematika, salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui penyebaran penyakit adalah dengan menggunakan model epidemi. Model epidemi yang pertama, dikenal dengan model tipe SIR, ditemukan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927 (Shuai dan Tien, 2012). Model ini terdiri atas tiga kompartemen, yaitu S (*Susceptible*) yang menyatakan populasi rentan, I (*Infected*) yang menyatakan populasi terinfeksi, dan R (*Recovered*) yang menyatakan populasi sembuh.

Pada tahun 2011, Wang dan Modnak mengajukan model penyebaran penyakit kolera tipe SIRB (*Susceptible-Infected-Recovered-Bacterium*) dengan tingkat kelahiran tidak konstan. Penularan penyakit kolera disebabkan adanya kontak antara populasi manusia rentan dan bakteri dengan laju kejadian tersaturasi. Selain itu penyakit kolera juga dapat menular melalui populasi manusia rentan dan manusia terinfeksi dengan laju kejadian bilinear. Model yang diajukan dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari model SIR menjadi SIRB, yaitu dengan menambahkan kelas B (*Bacterium*).

Cheng dkk. (2012), meneliti model epidemi penyakit kolera tipe SIRB dengan tingkat kelahiran tidak konstan. Penularan penyakit kolera disebabkan oleh laju tingkat populasi manusia terinfeksi dan laju tingkat pertumbuhan bakteri. Adanya penularan penyakit kolera dengan laju tingkat populasi individu terinfeksi dan laju tingkat pertumbuhan bakteri mengakibatkan hasil model lebih sederhana daripada penelitian sebelumnya. Kemudian pada tahun 2015, Khan dkk. meneliti model epidemi penyakit kolera tipe SIRB dengan tingkat kelahiran konstan. Penyakit kolera dinyatakan dapat menular karena adanya kontak antara populasi manusia rentan dengan populasi bakteri dengan laju kejadian tersaturasi. Selain itu

penyakit kolera dapat menular karena adanya penularan antara populasi manusia rentan dengan populasi manusia terinfeksi dengan laju kejadian tersaturasi. Hasil model penelitian Khan dkk. (2015) menyempurnakan model yang diusulkan oleh Wang dan Modnak (2011) dengan memodifikasi tingkat rekrutmen (kelahiran dan migrasi) populasi manusia, kontak antara populasi manusia rentan dengan populasi bakteri dengan laju bilinear menjadi laju kejadian tersaturasi, dan adanya laju kematian karena penyakit sehingga laju populasi manusia yang terinfeksi penyakit kolera pada model Khan dkk. (2015) lebih kecil daripada model yang diusulkan oleh Wang dan Modnak (2011).

Selanjutnya, Quan Sun dkk. pada tahun 2017 memodifikasi model penyakit kolera yang diajukan oleh Wang dan Modnak (2011) dengan menambahkan parameter vaksinasi dan parameter pembasmian bakteri. Hasil pada model yang diusulkan oleh Quan Sun dkk. (2017) dengan adanya vaksinasi mengakibatkan jumlah populasi individu sembuh semakin bertambah. Selain itu, dengan adanya pembasmian bakteri mengakibatkan jumlah populasi bakteri berkurang. Pada tahun 2017, Lemos dkk. melakukan penelitian model penyakit kolera SIQRB (*Susceptible-Quarantined-Infected-Recovered-Bacterium*), yaitu dengan menambahkan kelas *Q* (*Quarantined*). Hasil penelitian Lemos dkk. menunjukkan bahwa kelas karantina dapat menanggulangi penyebaran penyakit kolera.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini dibahas analisis dinamik model penyebaran penyakit kolera dengan karantina yang telah dikaji oleh Lemos dkk. (2017). Pengembangan dilakukan dengan menambahkan laju penularan antara populasi individu rentan dengan populasi individu terinfeksi dan laju pembasmian pada populasi bakteri dari penelitian (Quan Sun dkk., 2017). Laju penularan populasi manusia rentan dengan populasi manusia terinfeksi ditambahkan untuk mengetahui bahwa penularan penyakit kolera tidak hanya ditularkan oleh bakteri saja melainkan ditularkan melalui populasi manusia

terinfeksi. Selain itu, laju pembasmian pada populasi bakteri digunakan untuk mengurangi peningkatan bakteri yang sangat tajam. Pada model yang telah dimodifikasi dilakukan analisis dinamik dengan menentukan titik kesetimbangan, beserta syarat eksistensinya, dan menganalisis kestabilan titik kesetimbangan tersebut. Pada bagian akhir, dilakukan simulasi numerik untuk mengilustrasikan hasil analisis dengan metode Runge-Kutta orde 4.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah yang dikaji dalam tesis ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil modifikasi model peyebaran penyakit kolera dengan mempertimbangkan adanya laju penularan antara populasi individu rentan dengan populasi individu terinfeksi dan adanya tingkat pembasmian pada populasi bakteri?
2. Bagaimana titik kesetimbangan model tersebut dan kondisi apa yang menjamin eksistensi titik kesetimbangan tersebut?
3. Bagaimana hasil analisis kestabilan lokal titik kesetimbangan yang diperoleh?
4. Bagaimana simulasi numerik model tersebut?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tesis ini adalah sebagai berikut.

1. Menjelaskan hasil modifikasi model peyebaran penyakit kolera dengan mempertimbangkan adanya laju penularan antara populasi individu rentan dengan populasi individu terinfeksi dan adanya tingkat pembasmian pada populasi bakteri.
2. Menentukan titik kesetimbangan model dan kondisi apa yang menjamin eksistensi titik kesetimbangan.

3. Menganalisis kestabilan lokal titik kesetimbangan.
4. Melakukan simulasi numerik untuk mendukung hasil analitik.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang minat biomatematika khususnya analisis dinamik model epidemi pada penyebaran penyakit kolera dengan karantina yang lebih realistis.